

2. Побудовано тривимірну модель одноступінчастого редуктору потужністю 2,2 кВт та визначені малонавантажені ділянки корпусу, які замінені неметалевим матеріалом, що забезпечило зменшення його маси на 18%.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Жикаляк М. В. Виснаження ефективних запасів корисних копалин –загроза національній безпеці України / Мінеральні ресурси України. № 3, 2016, С. 3-7.
2. Учебные материалы по Autodesk Inventor Fusion 2012. - Текст: электронный. - URL: <http://labs.autodesk.com/>
3. Павлище В.Т. Основы конструирования та розрахунок деталей машин: Підручник для студ. вузів. – Львів.: Вища шк., 2003. 560 с.

УДК 622.625.28

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯ МЕТАЛОПРОКАТУ (НА ПРИКЛАДІ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА МК «АЗОВСТАЛЬ»)

С.І. Чеберячко<sup>1</sup>, О.В. Дерюгін<sup>2</sup>, В.А. Доценко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>доктор технічних наук, професор кафедри охорони праці та цивільної безпеки, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: [sicheb@ukr.net](mailto:sicheb@ukr.net)

<sup>2</sup>кандидат технічних наук, доцент кафедри управління на транспорті, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: [oleg.kot@meta.ua](mailto:oleg.kot@meta.ua)

<sup>3</sup>студентка групи 275-19 ск-1, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна, e-mail: [viktoriadocenko0@gmail.com](mailto:viktoriadocenko0@gmail.com)

**Анотація.** В роботі обґрунтовано удосконалення транспортно-технологічної схеми перевезення металопрокату (слябів) за рахунок впровадження ефективної «роудлейнерної» технології.

*Ключові слова:* промисловий транспорт, залізничний транспорт, автомобільний транспорт, роудлейнерна технологія, експлуатаційні властивості, економічна ефективність, строк окупності.

## IMPROVEMENT OF THE TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL SCHEME OF TRANSPORT OF METAL PRODUCTS (ON THE EXAMPLE OF THE METALURGICAL ENTERPRISE 'MK AZOVSTAL')

Serhiy Cheberyachko<sup>1</sup>, Oleg Deryugin<sup>2</sup>, Viktoriya Dotsenko<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ph.D., Professor of Department of Labour Protection and Civil Safety, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine; e-mail: [sicheb@ukr.net](mailto:sicheb@ukr.net)



<sup>2</sup>Ph.D., Associate professor of Department of Transportation Management, Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: [oleg.kot@meta.ua](mailto:oleg.kot@meta.ua)

<sup>3</sup>Student, National Technical University "Dnipro poly-technology", Dnipro, Ukraine, e-mail: [viktoriadocenko0@gmail.com](mailto:viktoriadocenko0@gmail.com)

**Abstract.** Improvement of transport-technological scheme of transportation of rolled metal (slabs) at the expense of introduction of effective "roadrailner" technology is substantiated in the work.

*Keywords:* industrial transport, railway transport, road transport, roadrailner technology, operational properties, economic efficiency, payback period.

**Вступ.** Промисловий транспорт - основна транспортна зв'язуюча ланка на сучасному металургійному підприємстві. Основним видом промислового транспорту - є залізничний, який має переваги над іншими видами. Він є невідмінною складовою майже всіх технологічних процесів металургійного виробництва готової продукції [1]. Серед основних переваг залізничного транспорту можна віднести наступні:

- велика провізна здатність;
- незалежність від погодних умов;
- можливість швидкої доставки вантажу на значні відстані;
- умовно висока швидкість перевезення вантажу і ін. [2].

Але цей вид транспорту має і недоліки, зокрема суттєвою - низька спроможність доставки безпосередньо до пунктів споживання, тобто при відсутності під'їзних шляхів залізничний транспорт повинен доповнюватися автомобільним.

В останній час, на металургійних підприємствах країн Євросоюзу, просліджується тенденція використання в якості промислового транспорту - автомобільний. Його лідируюча позиція стає очевидною завдяки перевагам, серед яких можна відзначити наступні:

- висока маневреність, що дозволяють швидко зосередити транспортні засоби в необхідній кількості і в потрібному місці;
- здатність забезпечувати доставку "від дверей до дверей" без додаткових перевалок і пересадок на шляху прямування;
- висока швидкість доставки і забезпечення схоронності вантажів, особливо при перевезеннях на короткі відстані;
- широка сфера застосування за видами вантажів, системам повідомлення й відстаней перевезення [2].

Отже, виникає задача у поєднанні цих двох видів транспорту, розробки ефективних логістичних схем їх роботи. В якості прикладу, наведемо вирішення задачі з удосконалення існуючої транспортно-технологічної схеми

доставки металопрокату на металургійному підприємстві «МК «Азов-сталь»», які були встановлені під час кейс-чемпіонату від компанії «МЕТІНВЕСТ»:

- залежність транспортування слябів залізничним транспортом на основу залізничну станцію від розкладу руху поїздів, які транспортують вантажі по основної залізничної магістралі;
- великий час маневрових перестановок порожніх залізничних платформ під навантажувальні операції.

Це призводить до зниження показників виробництва, фінансовим збиткам в наслідку затримки відвантаження готової продукції, збільшенню часу на транспортування та ін. Тому пошук способів вирішення подібних задач є досить актуальним в наш час.

### **Мета роботи.**

Метою дослідження – є удосконалення транспортно-технологічної системи перевезення металопрокату (слябів) за рахунок ефективної транспортної технології.

*Об'єкт дослідження* – процес транспортування металопрокату.

*Предмет дослідження* – технологія перевезення металопрокату.

Вирішення задачі, яка формує мету дослідження проведено за алгоритмом, який використовують студенти для виконання практичних завдань на підставі компетенцій, які отримані за результатами навчання за нормативними дисциплінами – «Загальний курс транспорту», «Експлуатаційні властивості автотранспортних засобів», «Прикладна механіка»:

- обґрунтування ефективної взаємодії різних видів транспорту;
- обґрунтування ефективного транспортного засобу (ТЗ) і напівпричепу для перевезення слябів, розрахунок розподілу вагових навантажень на вісі ТЗ для визначення відповідності чинному законодавству України, яке регламентує перевезення великогабаритного і великовантажного вантажу (ВіВВ);
- оцінка економічних показників ефективності від впровадження запропонованої транспортної технології;
- розрахунок строку окупності інвестиційних вкладень в придбання ТЗ.

### **Матеріали і результати дослідження.**

Для вирішення поставленої задачі, авторами запропонована транспортна «Роудлейнерна» (*Roadrailner*) технологія. Вона ефективно використовується в країнах Північної і Південної Америки при перевезенні великотоннажних контейнерів. В її основі - трансформація автомобільного напівпричепу в залізничну платформу. Запропонована транспортна технологія поєднує переваги залізничного і автомобільного транспорту. Впровадження цієї тех-

нології зменшить залежність транспортування слябів від розкладу руху поїздів, час маневрових операцій при проведенні навантажувально-розвантажувальних робіт (НРР), що є актуальним для металургійного підприємства.

Запропонована транспортна система (рис. 1) дозволяє транспортувати слябі як автомобільним транспортом так і залізничним.

До її переваг, можна віднести:

- можливість навантаження 5-ти слябів (загальна вага вантажу 150 тонн). В існуючій транспортно-технологічній схемі навантаження проводиться за нормативом – 1 сляб завантажується на 1 залізничну платформу.
- усунення проміжних НРР;
- скорочення простою на станціях, в портах, на розвантажувальних майданчиках.
- підвищення схоронності вантажів;
- можливість доставки вантажу безпосередньо до отримувача металопрокату;
- підвищення ступеня мобільності і маневрування.

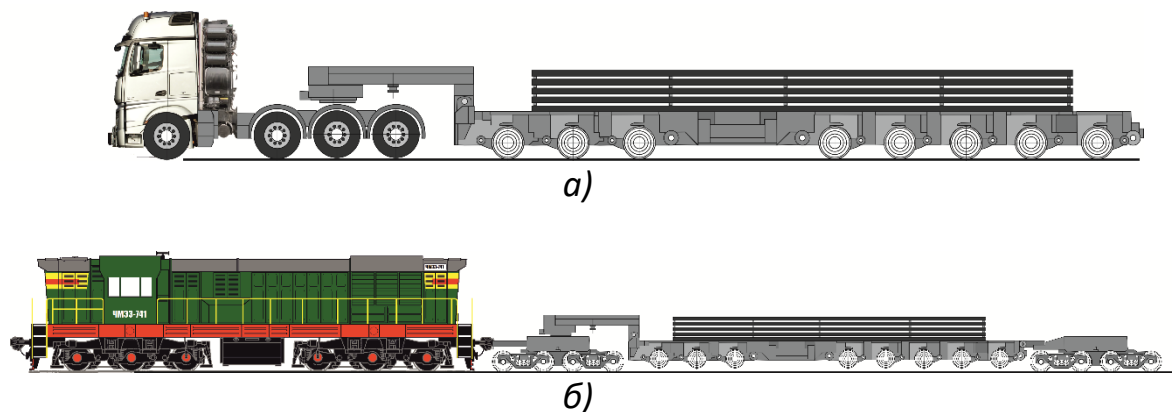
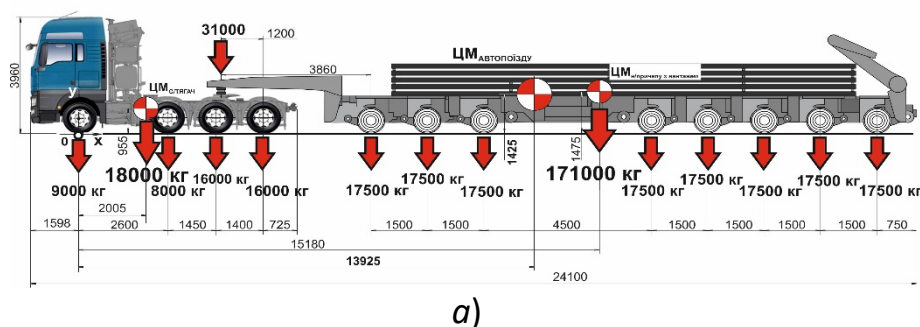


Рисунок 1 – Концепція перевезення слябів за допомогою «Роудлейної» технології: а) – автомобільним транспортом; б) – залізничним транспортом.

Для визначення відповідності експлуатації нормам чинного законодавства України, які регламентують перевезення ВіВВ автомобільним і залізничним транспортом, проведено розрахунок вагового навантаження на вісь відповідного ТЗ. Результати розрахунку розподілу вагових навантажень на відповідні вісі для автомобільного і залізничного транспорту наведено на рис. 2.

## Відповідність перевезення металопрокату (слябів) автомобільним транспортом чинному законодавству України, щодо перевезення ВІВВ



## Відповідність перевезення металопрокату (слябів) залізничним транспортом чинному законодавству України, щодо перевезення ВІВВ

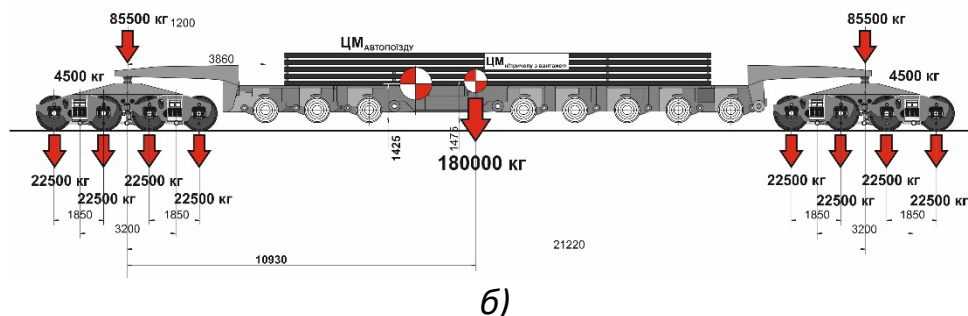


Рисунок 2 – Результати розрахунку розподілу вагових навантажень на відповідні вісі ТЗ автомобільного і залізничного транспорту: а) – автомобільний транспорт; б) – залізничний транспорт.

Визначення ефективного ТЗ для перевезення слябів у складі автопотягу (сідельний тягач з тралом) проводиться на підставі розрахунку еквівалентної потужності сідельного тягача, для транспортування тралу з вантажем – 5 слябів (загальна вага вантажу 150 тонн) проводимо за наступною формулою [3, 4]:

$$N_e = \frac{1}{3,6\eta_{mp}} \cdot \left( G_{a/n} \cdot \psi \cdot v_{\max} + \frac{k_b \cdot F_a \cdot v_{\max}^3}{12,96} \right) \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

де  $\eta_{mp}$  – ККД трансмісії сідельного тягача,  $\eta_{mp} = 0,97$ ;

$G_{a/n}$  – вага автопотягу, тонн,  $G_{a/n} = 150$  тонн;

$\psi$  – сумарний коефіцієнт опору дороги,  $\psi = 0,3$ ;

$V_{\max}$  – максимальна швидкість руху автопоїзду, з врахуванням умов перевезення відповідного типу вантажу, км/год,  $V_{\max} = 11$  км/год.;

$K_b$  – коефіцієнт обтікання,  $\text{Нс}^2/\text{м}^4$ ,  $K_b = 0,8$ ;

$F_a$  - площа габаритного поперечного (міделевого) перерізу автопотягу, м<sup>2</sup>:

$$F_a = a \cdot b \cdot h, \quad (2)$$

де  $a$  - коефіцієнт заповнення площі ( $a = 0,75 \dots 0,9$  - для вантажних автомобілів, сідельних тягачів);

$b$  і  $h$  - ширина й висота автопотягу, відповідно, вибирається по прототипу.

У подальшому за величиною еквівалентної потужності, оцінюють подолання різноманітних видів опору, які виникають при русі автопоїзду зі слябами, загальна вага вантажу – 150 тонн –  $N_B = 467 \text{ кВт} \approx 635 \text{ кс}$ . Отже потужність двигуна сідельного тягача повинна бути більшою в 1,1 рази  $= 635 \times 1,1 = 698 \text{ кс}$ .

З модельного ряду сідельних тягачів обираємо модель баластного сідельного тягача MAN TGX 41.680 8x6 BBS. Технічна характеристика сідельного тягача наведена в [5]. В якості напівпричепу обираємо – низькопідлоговий трал для перевезення BiBB, модель – Goldhofer (вантажопідйомність 160 тонн). Технічна характеристика трала для перевезення BiBB наведена в [6].

Для трансформації напівпричепу тралу в залізничну платформу використовуються - 2 залізничних 4-х вісних візка - моделі 18-100. Технічна характеристика залізничних 4-х вісних візків моделі 18-100 наведена в [7].

Економічний ефект від впровадження запропонованої транспортної технології розраховується за наступною формулою:

$$C_e = (S \cdot Q_n^{nl} - (\Delta S + S) \cdot Q_n^{\phi}) \cdot A_{cn}, \quad (3)$$

де  $A_{cn}$  – списочний парк автопоїздів;

$S$  – запланована собівартість перевезень;

$Q_n^{nl}$ ,  $Q_n^{\phi}$ , - відповідно запланована і фактична продуктивність одного автопоїзду, тонн/рік:

$$Q_n^{nl} = q \cdot \gamma_c^{nl} \cdot n_e \cdot T_{\text{дн}}^p \cdot \alpha_T^{nl}, \quad (4)$$

де  $q$  – вантажопідйомність автопоїзду;

$\gamma_c^{nl}$  – планований коефіцієнт використання вантажопідйомності;

$\alpha_T^{nl}$  – планований коефіцієнт технічної готовності парку;

$T_{\text{дн}}^p$  – календарна кількість днів в році;

$n_e$  – кількість їздок автопоїздів за добу.



$$Q_n^{\phi} = q \cdot \gamma_c^{\phi} \cdot n_e \cdot T_{\text{дн}}^p \cdot \alpha_T^{\phi}, \quad (5)$$

де  $\gamma_c^{\phi}$  – фактичний коефіцієнт використання вантажопідйомності;

$\alpha_T^{\phi}$  – фактичний коефіцієнт технічної готовності парку;

$\Delta S$  – збільшення собівартості транспортування від зниження коефіцієнта технічної готовності парку рухомого складу, грн./тонну.

В результаті проведеного розрахунку, отримано значення економічних показників ефективності від впровадження запропонованої транспортної технології - 10587 млн. грн.

Розрахунок періоду окупності інвестиційного проекту  $T_{ок} = n$ , при якому:

$$\sum_{i=1}^n CF_t > I_o \quad (6)$$

де  $T_{ок} (PP)$  – період окупності інвестицій, рік;

$n$  - число періодів;

$CF_t$  - потік грошових коштів за період  $t$ , грн.;

$I_o$  - величина вихідних інвестицій у нульовий період.

Таблиця 1 – Результат розрахунку періоду окупності інвестиційного проекту при покупці сідельного тягача MAN TGX 41.680 8x6 BBS та одного напівпричіпа-трала марки Goldhofer з урахуванням первісної вартості ТЗ

| Тип ТЗ                            | Кіл-сть, од. | Ціна, грн. | $n$ - число періодів, рік | $T_{ок} (PP)$ – період окупності інвестицій, рік |
|-----------------------------------|--------------|------------|---------------------------|--|
| MAN TGX 41.680 8x6 BBS            |              |            |                           |  |
| MAN TGX 41.680 8x6 BBS, грн.      | 1            | 7870000    | 5                         | 2,92   |
| Goldhofer, грн.                   | 1            | 1500000    |                           |  |
| MAN TGX 41.680 8x6 BBS +Goldhofer | 1+1          | 9080000    |                           |  |

Формула для розрахунку показника  $NPV$  (чистої теперішньої вартості) з урахуванням бар'єрної ставки має наступний вигляд:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+r)^t}, \quad (7)$$

де  $NPV$  - чиста теперішня вартість, грн.;

$CF_t$  – потік грошових коштів в період  $t$ , грн.;

$I_t$  - сума інвестицій (витрати) в  $t$ -ому періоді, грн.;

$r$  – бар'єрна ставка (дисконтування);

$n$  - сумарне число періодів (інтервалів, шагів)  $t = 1, 2, \dots, n$  (або час дії інвестицій).

Індекс прибутковості інвестицій можна розрахувати за наступною формулою:

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}}{CI} = \frac{PV}{CI}, \quad (8)$$

де  $CF_t$  - прибуток від проекту за рік, грн.;

$n$  - період проекту в роках;

$PV$  - сумарний грошовий потік від проекту, грн.;

$CI$  - сума первісних інвестицій, грн.;

$r$  - ставка дисконтування.

Внутрішня норма прибутковості визначається за наступною формулою:

$$NVP(IRR) = \sum_{i=1}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} - \sum_{i=0}^n \frac{I_t}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (9)$$

$NPV(IRR)$  - чиста теперішня вартість розрахована за ставкою  $IRR$ ;

$CF_t$  - притік грошових коштів у період  $t$ ;

$I_t$  - сума інвестицій (витрати) в  $t$ -ому періоді;

$n$  - сумарне число періодів (інтервалів, шагів)  $t = 0, 1, 2, \dots, n$ .

За результатами проведеного розрахунку, отримано значення строку окупності інвестиційних вкладень в придбання ТЗ для запропонованої транспортної технології, яка склала – 1,3 року.

## Висновки.

1. Промисловий транспорт основна транспортна зв'язуючи ланка на сучасному металургійному підприємстві.



2. Запропонована транспортна «Роудлейнерна» технологія перевезення слябів, яка базується на трансформації автомобільного напівпричепа в залізничну платформу. Вона поєднує переваги залізничного і автомобільного транспорту і її впровадження в транспортно-технологічну схему доставки слябів зменшить її залежність від розкладу руху поїздів, час маневрових операцій при проведенні НРР, що є актуальним для металургійного підприємства.

3. З модельного ряду сидельних тягачів обрано модель – баластний сидельний тягач MAN TGX 41.680 8x6 BBS. В якості напівпричепа обрано – трал для перевезення слябів, модель – Goldhofer (вантажопідйомність 160 тонн). Для трансформації напівпричепа тралу в залізничну платформу використовуються - 2 залізничних 4-х вісних візка - моделі 18-100.

4. За результатами розрахунку ефективності від впровадження запропонованої транспортної технології отримано значення економічної ефективності, яка склала - 10587 млн. грн.

5. За результатами розрахунку строку окупності інвестиційних вкладень в придбання ТЗ, які використовуються в запропонованій транспортній технології отримано значення строку окупності ТЗ, який склав – 1,3 роки.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бобиль В. Вплив металургійної промисловості на розвиток залізничного транспорту в сучасних умовах / В.В. Бобиль, Т.М. Белікова // Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми економіки і управління на залізничному транспорті», м. Яремча, 2010 рік, С. 14-15.

2. Л.Ю. Яцківський, Д.В. Зеркалов Загальний курс транспорту. Книга 1. Навчальний посібник К.: Арістей, 2007. - 544 с.

3. Вахламов В.К. Техника автомобильного транспорта: Подвижной состав и эксплуатационные свойства: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Академия, 2004. - 528 с.

4. Солтус А.П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля: Навчальний посібник. - Київ: Арістей, 2006. - 176 с.

5. Сайт: Dalnobo1.org. MAN TGX 41.680: восемь на шесть для 250 тонн. [Електронний ресурс]. 2016. Режим доступу: <http://dalnobo1.org/blog/2016/08/09/man-tgx-41-680-vosem-na-shest-dlya-250-tonn/>.

6. Бовкунов, М.Е. Перевозка негабаритных и тяжеловесных грузов / М.Е. Бовкунов, О.К. Шоломицкий // Молодёжь и наука: Сборник материалов VIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, посвященной 155-летию со дня рождения К. Э. Циолковского [Электронный ресурс]. — Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2012. — Режим доступа: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2012/section35.html>, свободный.

7. Савчук О.М. Вагонний парк. Навчальний посібник для студентів та магістрів ВНЗ залізничного транспорту.- Харків.: Техностандарт, 2010.- 200 с.